

# Ektopik Atımlar ve Kayıp Veri İçeren HRV Sinyallerinin Gerçek Zamanlı Spektral Analizi

Metin YILDIZ<sup>1</sup>, Y.Ziya İDER<sup>2</sup>, Yüksel ÖZBAY<sup>3</sup>

[myildiz@baskent.edu.tr](mailto:myildiz@baskent.edu.tr), [ider@ee.bilkent.edu.tr](mailto:ider@ee.bilkent.edu.tr), [yozbay@eem.selcuk.edu.tr](mailto:yozbay@eem.selcuk.edu.tr)

<sup>1</sup>Başkent Üniversitesi, TBMYO, Bağlıca Kampüsü, Ankara

<sup>2</sup>Bilkent Ün. Elt. Elk. Müh. Bölümü, Bilkent, Ankara

<sup>3</sup>Selçuk Ün. Elt. Elk. Müh. Bölümü, Konya

**Özet:** Bu çalışmada, HRV (Heart Rate Variability) sinyallerinin gerçek zamanlı spektral analizine imkan verecek bir sistemde kullanılmak üzere; ektopik atımlar, elektrot bağlantı problemleri ve aşırı gürültü durumlarında RR aralığı verilerindeki normalin dışındaki dalgalanmaların, kayıp veri olarak kabul edilmeleriyle, spektral analiz sonuçlarını anlamsız kılmalarını önlemeye yarayacak yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bunun için; kayıp veri durumlarını da dikkate alan bir otokovaryans kestirimi tespit edilerek, bu otokovaryansları kullanan Yule-Walker metodu ile AR (Autoregressive) parametreleri bulunmakta ve güç spektrumu buna göre elde edilmektedir. Geliştirilen yöntem; kayıp veri durumlarının simule edildiği sinyaller ve ektopik atımları da içeren gerçek EKG sinyallerinden elde edilmiş HRV sinyalleri ile test edilmiştir.

## 1. Giriş

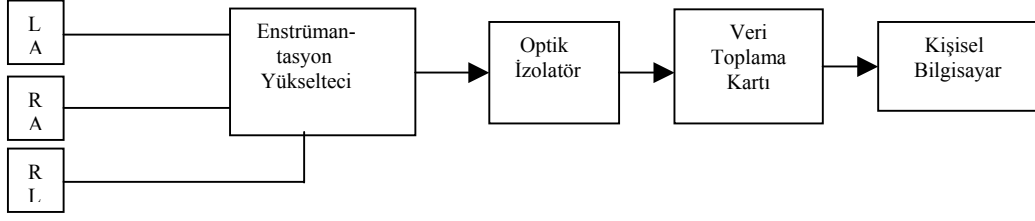
Sürekli elektrokardiyogram (EKG) kayıtlarındaki, QRS kompleksleri üzerinde birbirini takip eden R dalgalarının zaman aralıklarındaki değişim, kalp hızı değişkenliği (HRV) olarak isimlendirilmektedir. Kalp, sinoatrial düğümde (SA düğümü) bulunan özelleşmiş kalp hücreleri tarafından üretilen elektriksel uyarımlara bağlı olarak kasılıp gevşer. Bu uyarımların sıklığı; otonom sinir sistemi (ANS)'nin sempatik ve parasempatik dalları tarafından, vücudun değişen çevre şartlarına göre ihtiyacı olan kan miktarını sağlamak üzere düzenlenmektedir. Kalp hızı değişkenliğinin bunların bir dengesi sonucunda oluştuğu bilinmektedir.

HRV sinyallerinin analizleri 25 yıldan daha uzun bir süredir otonom sinir sistemi ile kalp sisteminin birbirleri ile ilişkisini inceleyerek, ani kalp ölümlerini de içeren pekçok rahatsızlık konusunda araştırma ve klinik kullanım olanağı bulmuştur[1,2,3,4]. Son yıllarda HRV ile ilgili çeşitli analizlerin gerçek zamanlı olarak yapılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır[4]. HRV sinyalleri ile ilgili analizler içerisinde önemli bir yer tutan spektral analizlerin yapılması, birbirini takip eden RR aralıklarının doğru olarak bulunmasına bağlıdır. Genellikle kalp üzerindeki SA düğümü dışındaki bazı noktaların darbe üretici olarak işlev görmesinden kaynaklanan ektopik atımlar, elektrot bağlantı problemleri ve aşırı gürültü sebebi ile hatalı olarak tespit edilen RR aralığı verileri, spektral analizlerin doğruluğunu bozmaktadır[5]. Bu bozucu etkilerden kurtulmak için, analizlerde daha önceden kaydedilmiş verilerin düzgün kısımlarının alınması genel yöntem olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda HRV analizlerinin gerçek zamanlı olarak yapılmasına da imkan verebilecek otomatik ektopik atım eliminasyonuna yönelik çalışmalar yapılmaktadır[6,7]. Bunun için genelde gerçekleştirilen; ektopik atımların tespit edilmesi ve bunların yerine ektopik atımların doğası da dikkate alınarak uygun bir RR aralığı değeri yerleştirilmesidir.

Bu çalışmada HRV sinyallerinin gerçek zamanlı spektral analizi için geliştirilen yöntem, elektrot bağlantı problemleri ve aşırı gürültü durumlarında tespit edilecek hatalı RR aralığı verileri ile ektopik atımları kayıp veri kabul ederek analiz sonuçlarına etkisini yok etmeye çalışmaktadır.

## 2. EKG ve HRV Sinyallerinin Gerçek Zamanlı İzlenmesi

HRV sinyallerinin izlenmesi ve analizi için, öncelikle EKG sinyalinin alınması ve bundan HRV sinyalinin elde edilmesi gerekir. Bu işlemi gerçekleştirmek üzere geliştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir. Tek bir EKG derivasyonunun izlenmesinin HRV sinyalinin elde edilmesinde yeterli olması sebebi ile üç elektrotlu bir EKG kablosu kullanılması yeterlidir. CMRR (Common Mode Rejection Ratio) oranı mümkün olduğunca yüksek bir enstrümantasyon yükselteci kullanılarak yükseltelen EKG sinyalleri, bir optik izolatör ile veri toplama kartından yalıtılmıştır. Veri toplama işleminde; Measurement Computing firmasının ürettiği,



Şekil1. EKG ve HRV'nin gerçek zamanlı izlenmesi ve analizine imkan verecek sistemin blok diyagramı

PCI üzerinden veri aktarımı yapan, 8 kanallı ADC' ye sahip, en yüksek örnekleme hızı 40 kHz olan, Matlab Data Acquisition Tool Box'ı tarafından kontrol edilebilecek nitelikteki kart kullanılmaktadır. EKG verisinin okunması için kartın kanallarından bir tanesi aktif edilmiş ve EKG'nin en yüksek frekanslı bileşenlerinin 100 Hz civarında olduğu dikkate alınarak, örnekleme frekansı 1 kHz seçilmiş, karttan veri okuma sıklığı 200 ms'de bir olarak ayarlanmıştır. EKG sinyalinin ekranda gösterilmesi ve spektral analizler bu zaman aralığında gerçekleştirilecektir. RR aralıklarının tespitinden önce sinyaller 10.derece, 25 Hz'lik bir alçak geçiren filtreden geçirilerek gürültülerden arındırılmıştır. RR aralıklarının belirlenmesinde, gerçek zamanlı çalışılacağı da dikkate alınarak, en az hesap yükü getiren aynı zamanda gürültü bağışıklığı yüksek olduğu rapor edilmiş bir QRS tespit algoritması kullanılmıştır[8]. Elde edilen HRV sinyali, doğrusal ara değer bulmayla (linear interpolation) 4 Hz ile örneklili duruma getirilmektedir.

Hastadan alınan EKG sinyali, bundan elde edilen HRV sinyali ve spektral analiz sonuçları, Matlab'ın GUI (Graphic User Interface) kısmı kullanılarak geliştirilmiş bir ara yüz ile izlenmektedir. Her kalp atımının hızı, son beş dakikalık kalp atım hızı ortalaması,ektopik atımların sayısı, elde edilen güç spektrumunun toplam gücü, literatürde LF ( Low Frequence), HF ( High Frequence ) olarak belirtilen kısımların güçleri ve bunların oranları (LF/HF) hesaplanıp rapor edilmektedir[1].

### 3. Ektopik Atımlar ve Kayıp Veri İçeren HRV Sinyallerinin Spektral Analizleri

Literatürde hatalı RR aralıklarının tespitinde en iyi sonuç verdiği rapor edilmiş olan, son iki RR aralığı arasındaki farkın %20'den büyük veya küçük olması ve ele alınan RR aralığının son 10 RR aralığı ortalamasının %20 altı veya üstünde olması durumlarını birlikte kontrol ederek, RR aralığının hatalı olup olmadığının belirlendiği yöntem kullanılmıştır[9]. Bu yöntemle, zaman serisi şeklindeki HRV sinyalini  $y(k)$  oluşturan RR aralıkları tek tek ele alınarak, RR aralığı verilerinin normal olması durumlarının 1, hatalı olması durumlarının 0 ile kodlandığı, bir  $m(k)$  dizisi elde edilir. Hatalı RR aralıkları haricindeki kısımların ortalaması  $y(k)$  zaman serisinden çıkarılarak, sıfır etrafında değişimler gösteren bir zaman serisi  $\gamma(k)$  elde edilir. Elde ettiğimiz yeni iki dizinin birbiri ile çarpımından oluşan;

$$\zeta(k) = m(k) * \gamma(k) \quad (1)$$

dizisi, örnek kovaryanslarının hesaplanmasında;

$$\hat{r}(k) = \sum_{t=k+1}^N \zeta(t)\zeta(t-k) / \max(\sum_{t=k+1}^N m(t)m(t-k)) \quad (2)$$

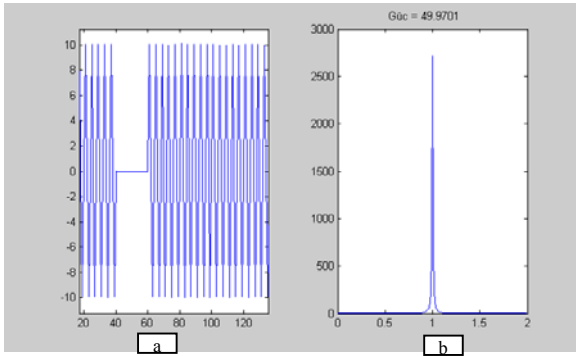
şeklinde kullanılmaktadır. Elde edilen bu kovaryans kestiriminden Yule-Walker eşitliği vasıtası ile AR parametreleri tespit edilmekte ve güç spektrumu dağılımı bulunmaktadır.

### 4. Sonuç ve Tartışma

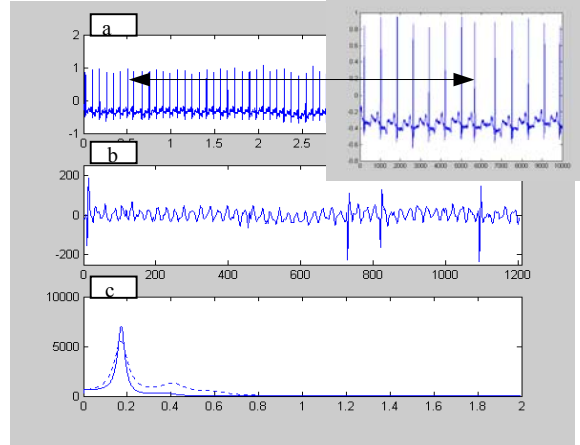
Geliştirilen yöntemin işlerliğinin testi için ilk olarak; bir dakika süreli, frekansı 1 Hz, genliği 20 Vpp, 4 Hz ile örneklenmiş, yüzde onluk bir kısmı kayıp veri olarak işaretlenmiş, Şekil 2a'daki sinyali kullandık. Güç spektrumunu bulurken, geliştirilen otokovaryans hesabı kullanılarak, 3. derece AR parametreleri bulunmuş ve 2048 noktalık FFT alınmıştır. Sinyalin ortalama gücü kayıp kısım dikkate alınmadan matematiksel olarak hesaplanırsa, 50 W olarak bulunur. Şekil 2b'de, geliştirdiğimiz yöntemle bulunan spektral güç dağılımı çizdirilmiş ve eğri üzerinden hesaplanan güç değeri 49.97 W bulunmuştur. Buradan hatanın on binde altı düzeyinde olduğu görülmektedir.

Daha sonra, MIT-BIH aritmi verilerinden seçilmiş ektojik atımlar içeren gerçek bir EKG sinyalinin güç spektral dağılımı incelenmiştir. Şekil 3a'da EKG sinyalinin ektojik atımlar içeren kısmı, Şekil 3b'de bu sinyalden elde edilen HRV sinyali, Şekil 3c'de ise HRV sinyali için bulunan güç spektrumu kesikli, geliştirilen yöntemle göre ektojik atımların kayıp veri kabul edilmesi durumuna göre bulunan güç spektrumu sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Çizdirilen eğri üzerinden hesaplanan güç değerleri sırası ile;  $889.32\text{ms}^2$  ve  $538,89\text{ms}^2$  dir. Bu analiz yapılırken 16.derece AR parametreleri, otokovaryansların ilk 17 tanesini kullandığından hatanın bir miktar daha büyük olacağı düşünülebilir.

Bundan sonraki çalışmalarda otokovaryans kestirimindeki hatanın büyüklüğü sayısal olarak tespit edilebilir. Ayrıca sinyal içerisindeki kayıp veri dağılımı ve miktarının hangi sınırlar içerisinde bulunması durumunda kabul edilebilir bir güç spektral dağılımının bulunacağı tespit edilmeye çalışılabilir.



Şekil 2 a) Kayıp veri içeren sinüs sinyali  
b) Güç spektrumu



Şekil 3 a) Ektojik atımın gösterildiği EKG sinyali  
b) Elde edilen HRV sinyali  
c) --- : HRV sinyalinin güç spektrumu  
— : Geliştirilen yöntemle güç spektrumu

## Kaynaklar

- [1]. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, "Heart Rate Variability: Standards of measurement, Physiological interpretation, and clinical use", European Heart Journal,1996
- [2]. T.Chandra, et. al, "Heart Rate Variability Analysis – Current and Future Trends", Technology & Services, Global Healthcare, 2003
- [3]. Y. Gang, M. Malik, "Heart Rate Variability Analysis in General Medicine", Indian Pacing and Electrophysiology Journal,2003,3:34-40
- [4]. Irving F.Miller et all., "Heart Rate Variability Analysis, Promise and Fulfilment", Advanced Medical Technologies,2004
- [5]. C. L. Birkett, et all., "Interpolation Over Ectopic Beats Increases Low Frequency Power In Heart Rate Variability Spectra", Comput. Cardiol., pp. 257–259, 1992.
- [6]. Javier Mateo\_ and Pablo Laguna, "Analysis of Heart Rate Variability in the Presence of Ectopic Beats Using the Heart Timing Signal", iee,2003
- [7]. Burak Acar et all., "Automatic ectopic beat elimination in short-term heart rate variability measurement", Computer Methods and Programs in Biomedicine,2000
- [8]. G. M. Friesen et all., "A Comparison of the Noise Sensitive Of Nine QRS Detection Algorithms", IEEE Trans. On. Biomedical.Eng., Vol 37, No.1, January,1990
- [9]. D. Sapoznikov et all., "Methods of Arrhythmia and Artifact Removal in Heart Rate Variability Analysis", Annual Int. Con. Of The IEEE Eng. in Med. and Bio. Society, Vol. 13,No.2,1991
- [10]. A. Boardman et all., "A study on the optimum order of autoregressive models for heart rate variability", Physiol. Meas. 13(2002)325-326